



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Producción de abonos orgánicos en biodigestores tipo batch utilizando la orina humana y estiércol vacuno para bioensayos de germinación con semillas de lechuga (*Lactuca sativa L*)”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AMBIENTAL**

AUTORA:

VILLANERA AVILA, MARILIN

ASESORA:

MSc. ALIAGA MARTINEZ MARÍA PAULINA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

LIMA – PERÚ

2018 – II

ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS



UCV
UNIVERSIDAD
CESAR VALLEJO

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Código : F07-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don

(a) Vellanura, Arla, Marilín
cuyo título es: Producción de abonos orgánicos en biodigestores tipo batch utilizando la orina humana y estiércol vacuno para bioensayos de germinación en semillas de lechuga (Lactuca sativa L.)

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 16 (número)
dieciséis (letras).

Los Olivos 15 de diciembre del 2018.

Recomendaciones

PRESIDENTE

SECRETARIO



VOCAL

Representante de la Dirección /

DEDICATORIA

A Dios por guiarme y brindarme salud para seguir adelante cada día ya que de esta manera todo es posible.

Del mismo modo a mis padres, hermanos, amigos, familiares, quienes me apoyaron durante el proceso de la investigación.

A mi querido hermano Jhon Villanera, mi mejor amigo, que desde donde se encuentre siempre me protegerá y me acompañara al igual que mi abuelita Sara Urdanivia, mis dos ángeles.

AGRADECIMIENTO

A Dios por la brindarme la fortaleza para seguir adelante con mis metas.

A mi centro de estudios, a la Universidad César Vallejo, por brindarme a través de sus docentes y el campus universitario Lima Norte los conocimientos fundamentales para mi formación académica y profesional.

A mis padres: Mauro Villanera y Lila Avila; hermanos: Yonathan Villanera, Ana Villanera, Patricia Villanera y al más pequeño de casa Mike Villanera, siempre su apoyo fue importante para darme fuerzas y seguir esforzándome desde el primer momento que inicie la etapa universitaria hasta este momento, y hasta los demás peldaños que me faltan lograr en mi vida profesional.

A mi asesora, la Ingeniera María Paulina Aliaga Martínez, por haberme brindado los mecanismos y alcances durante el proceso de la tesis.

Al Ingeniero Diego Cóndor López, por apoyarme siempre, encaminarme durante las fases de la investigación.

A mis amigos Luis Chacaltana, Alan Medina, Yulisa Falcón, Yuly Acebedo, Dianne Chacón, Miriam Julca, Carol Jauregui, Freyre Pedraza y Yeffel Pedreros, gracias por brindarme su apoyo desde el lugar donde se encuentran, siempre me acompañaron con su gran amistad.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

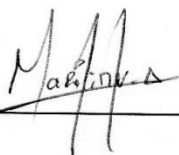
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Marilin Villanera Avila, con DNI N° 76131718, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponde cualquier falsedad, ocultamiento u omisión, tanto los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima de Diciembre del 2018



Marilin Villanera Avila

Nombres y Apellidos del tesista

DNI N° 76131718

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, presente antes ustedes la tesis titulada **“Producción de abonos orgánicos en biodigestores tipo batch utilizando la orina humana y estiércol vacuno para bioensayos de germinación con semillas de lechuga (*Lactuca sativa L*)”** la misma me someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Marilin Villanera Avila

ÍNDICE

ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
ÍNDICE.....	vii
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad Problemática	2
1.2. Trabajos previos	3
1.3. Teorías relacionadas al tema	6
1.3.1. Residuos	6
1.3.2. Orina humana	6
1.3.3. Estiércol de ganado vacuno	11
1.3.4. Inóculo	11
1.3.5. Digestión Anaeróbica	11
1.3.6. Biodigestores	15
1.3.7 Productos de la digestión anaeróbica.....	17
1.3.8 Formulación del problema.....	21
1.4. Justificación e Importancia del estudio	21
1.4.1 Justificación de la investigación	21
1.4.2. Importancia.....	24

1.5 Hipótesis	24
1.5.1 Hipótesis General	24
1.6. Objetivos de estudio	25
1.6.1. Objetivo General.....	25
1.6.2 Objetivos Específicos	25
II. MÉTODO	26
2.1 Diseño de investigación.....	26
2.2 Variables y Operacionalización.....	26
2.2.1. Variables	26
2.2.2 Operacionalización.	28
2.3 Población y muestra	30
2.3.1 Población	30
2.3.2. Muestra	30
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	31
2.4.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
2.4.2 Validez y confiabilidad del instrumento.....	32
2.4.3 Procedimiento de Trabajo.....	34
2.4.4 Montaje experimental del digestor anaeróbico (reactores batch)	35
2.4.5 Acopio y Caracterización de la muestra de orina humana	38
Materiales	38
2.4.6 Determinación de la Humedad y la relación C/N del estiércol vacuno	40
2.4.7 Cálculos para el Cargado Inicial al Biodigestor Batch.....	43
2.4.8 Alimentación al biodigestor.....	45
2.4.9 Descarga de los reactores	50
2.4.10 Bioensayo de germinación -Test Sobrero y Ronco	51

2.5	Método de análisis de datos	55
2.6	Aspectos éticos	56
III.	RESULTADOS	57
3.1	Caracterización de muestras (estiércol vacuno, orina, agua potable y biol).....	57
3.2	Determinar el contenido del biol medido en base a los macronutrientes (N, P y K) al usar como sustrato la orina humana y estiércol vacuno en los biodigestores tipo batch.....	63
3.3.	Determinar el contenido del biosol medido en base a los macronutrientes (N, P y K) al usar como sustrato la orina humana y estiércol vacuno en los biodigestores tipo batch.....	65
3.4.	Determinar la fitotoxicidad del biol obtenido a partir de insumos de orina humana y estiércol vacuno en bioensayos de germinación con semillas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L).	67
3.5.	Análisis Estadístico	72
IV.	DISCUSIÓN.....	80
V.	CONCLUSIÓN	83
VI.	RECOMENDACIÓN.....	84
VII.	REFERENCIAS.....	85
VIII.	ANEXOS	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de fermentación de las bacterias.....	13
Figura 2. Balance de masa de los reactores tipo batch	16
Figura 3. Tipos de abonos orgánicos empleados.....	17
Figura 4. La clasificación taxonómica de la <i>Lactuca sativa L</i>	20
Figura 5. Test de degradación para biogás	36
Figura 6. Montaje de los reactores Tratamiento A	37
Figura 7. Diseño de los reactores Tratamiento B	38
Figura 8. Muestreo del estiércol vacuno en el distrito de Matucana.	41
Figura 9. Muestras del estiércol vacuno en el distrito de Matucana.....	42
Figura 10. Análisis de pH de los tratamientos A y B.	46
Figura 11. Análisis de pH del biol 1° mezcla en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental UNALM.	46
Figura 12. Homogenización de la orina caracterizada de los 5 días.....	48
Figura 13. Homogenización del estiércol con la orina para el cargado de los reactores.....	48
Figura 14. Cargado de los biodigestores en las mezclas A y B.....	49
Figura 15. Sellado de los reactores para la digestión de los tratamientos durante 46 días.....	49
Figura 16. Muestras de biol y biosol.	51
Figura 17. Siembra de las semillas de lechuga (<i>Lactuca sativa L</i>).....	53
Figura 18. Esquema de plántula de <i>Lactuca sativa L</i> al finalizar el período de exposición.....	55
Figura 19. Gráfica de contenido de macronutrientes en la orina humana	59
Figura 20. Gráfico de nutrientes presentes en el biol de primera mezcla (TA y TB).....	61
Figura 21. Gráfico de nutrientes presentes en el biol de primera generación (TA y TB)	64
Figura 22. Gráfico de nutrientes presentes en el biosol (TA y TB).....	66
Figura 23. Gráfico de porcentaje de semillas germinadas con el tratamiento A	68
Figura 24. Gráfico de supervivencia de semillas germinadas con el tratamiento A	69
Figura 25. Efecto de la proporción “E”	70
Figura 26. Índice de germinación de las semillas de lechuga – biol	71
Figura 27. Gráfica de la Concentración de Nitrógeno vs. Tratamientos	124
Figura 28. Prueba de igualdad de varianzas Concentración de Nitrógeno vs. Tratamientos ..	124

Figura 29. Gráfica de Normalidad de errores Nitrógeno.....	125
Figura 30. Gráfica de la Concentración de Fósforo vs. Tratamientos	125
Figura 31. Prueba de igualdad de varianzas Concentración de Fósforo vs. Tratamientos	126
Figura 32. Gráfica de Normalidad de errores Fósforo	126
Figura 33. Gráfica de la Concentración de Potasio vs. Tratamientos.....	126
Figura 34. Prueba de igualdad de varianzas Concentración de Potasio vs. Tratamientos.....	127
Figura 35. Gráfica de Normalidad de errores Potasio	127
Figura 36. Gráfica de la Concentración de Nitrógeno vs. Tratamientos	127
Figura 37. Prueba de igualdad de varianzas Concentración de Nitrógeno vs. Tratamientos ..	128
Figura 38. Gráfica de Normalidad de errores Nitrógeno.....	128
Figura 39. Gráfica de la Concentración de Fósforo vs. Tratamientos	129
Figura 40. Prueba de igualdad de varianzas Concentración de Fósforo vs. Tratamientos	129
Figura 41. Gráfica de Normalidad de errores Fósforo.....	130
Figura 42. Gráfica de la Concentración de Potasio vs. Tratamientos.....	130
Figura 43. Prueba de igualdad de varianzas Concentración de Potasio vs. Tratamientos.....	131
Figura 44. Gráfica de Normalidad de errores Potasio	131
Figura 45. Gráfica germinación de semillas vs. Tratamientos	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de la orina humana fermentada (OHF) en diferentes tiempos.....	7
Tabla 2. Contenido de macronutrientes que se realizaron en diversas investigaciones	8
Tabla 3. Contenidos de patógenos humanos aprobados en los diferentes tipos de abono en base a la EPA en Estados Unidos.	10
Tabla 4. Tiempo de retención (θ) en función de la temperatura.....	15
Tabla 5. Características Generales del Biosol Fresco.....	18
Tabla 6. Composición Bioquímica de Biol.	19
Tabla 7. Distribución de los tratamientos para la elaboración de los abonos orgánicos.	31
Tabla 8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	32
Tabla 9. Parámetros a caracterizar en la orina humana	40
Tabla 10. Datos para calcular la humedad del estiércol.	57
Tabla 11. Relación de carbono/nitrógeno del estiércol de ganado vacuno	57
Tabla 12. Resultado de la medición del volumen y caudal diario de la orina humana	58
Tabla 13. Resultado de la orina humana.....	59
Tabla 14. Resultados de agua potable – SMP.	60
Tabla 15. Resultados de biol 1° mezcla. Informe N° 65122	61
Tabla 16. Resultados análisis microbiológicos del biol 1° mezcla.	62
Tabla 17. Resultados análisis microbiológicos del biol 1° generación - tratamientos A y B....	63
Tabla 18. Resultados del biol 1ª generación (IG) - tratamientos A y B.	64
Tabla 19. Resultados del biosol - tratamientos A y B.	65
Tabla 20. Comparativo de los resultados obtenido de los tratamientos de biol IG con otras investigaciones de biol IG.	67
Tabla 21. Resultados de las semillas germinadas con el tratamiento A	68
Tabla 22. Índice de germinación de las semillas de lechuga – biol.....	71
Tabla 23. Análisis de Varianza del biol –Nitrógeno (N).....	72
Tabla 24. Medias del biol –Nitrógeno (N)	72
Tabla 25. Comparaciones en parejas de Tukey del biol –Nitrógeno (N)	73
Tabla 26. Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias -Nitrógeno (N)	73
Tabla 27. Análisis de Varianza del biol - Fósforo (P).....	73

Tabla 28. Medias del biol – Fósforo (P).....	73
Tabla 29. Comparaciones en parejas de Tukey del biol – Fósforo (P).....	74
Tabla 30. Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias – Fósforo (P)	74
Tabla 31. Análisis de Varianza del biol – Potasio (K)	74
Tabla 32. Medias del biol – Potasio (K).....	74
Tabla 33. Comparaciones en parejas de Tukey del biol – Potasio (K).....	75
Tabla 34. Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias – Potasio (K)	75
Tabla 35. Análisis de Varianza del biosol –Nitrógeno (N)	75
Tabla 36. Medias del biosol –Nitrógeno (N).....	75
Tabla 37. Comparaciones en parejas de Tukey del biosol –Nitrógeno (N).....	76
Tabla 38. Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias -Nitrógeno (N)	76
Tabla 39. Análisis de Varianza del biosol - Fósforo (P)	76
Tabla 40. Medias del biosol – Fósforo (P)	76
Tabla 41. Comparaciones en parejas de Tukey del biosol– Fósforo (P)	77
Tabla 42. Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias – Fósforo (P)	77
Tabla 43. Análisis de Varianza del biosol – Potasio (K).....	77
Tabla 44. Medias del biosol – Potasio (K)	77
Tabla 45. Comparaciones en parejas de Tukey del biosol – Potasio (K)	77
Tabla 46. Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias – Potasio (K)	78
Tabla 47. Análisis de Probit de las semillas de lechuga (Lactuca sativa L.).....	78
Tabla 48. Distribución de tolerancia.....	78
Tabla 49. Comparaciones en parejas de Tukey del biol (TA).....	79
Tabla 50. Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias –TA	79

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo1: Matriz de Consistencia.	94
Anexo 2: Hoja de Custodia I - Registro de temperatura.....	96
Anexo 3: Hoja de Custodia II - Registro de pH.	99
Anexo 4: Registro de participantes de la muestra de orina.	100
Anexo 5: Registro de litros de orina humana -Vivienda.	101
Anexo 6: Validación del Instrumento- Especialista 1	102
Anexo 7: Validación del Instrumento- Especialista 2	103
Anexo 8: Validación del Instrumento- Especialista 3	104
Anexo 9: Informe del análisis de materia orgánica (orina)	105
Anexo 10: Informe del análisis de materia orgánica- estiércol vacuno.....	106
Anexo 11: Informe del análisis de materia orgánica- biol.....	107
Anexo 12: Resultados de análisis microbiológico biol (estiércol + orina).....	108
Anexo 13: Resultados de análisis microbiológico biol (estiércol + agua)	109
Anexo 14: Informe del análisis de materia orgánica- biol IG	110
Anexo 15: Informe del análisis de materia orgánica- biosol.....	111
Anexo 16: Resultados de análisis microbiológico biol IG (TA ₁).....	112
Anexo 17: Resultados de análisis microbiológico biol IG (TA ₂).....	113
Anexo 18: Resultados de análisis microbiológico biol IG (TA ₃).....	114
Anexo 19: Resultados de análisis microbiológico biol IG (TB ₁)	115
Anexo 20: Resultados de análisis microbiológico biol IG (TB ₂)	116
Anexo 21: Resultados de análisis microbiológico biol IG (TB ₃)	117
Anexo 22: Resultados de ensayo de germinación del blanco (T1).....	118
Anexo 23: Resultados de ensayo de germinación al 0.01% (T2).....	119
Anexo 24: Resultados de ensayo de germinación al 0.1% (T3).....	120
Anexo 25: Resultados de ensayo de germinación al 1% (T4).....	121
Anexo 26: Resultados de ensayo de germinación al 10% (T5).....	122
Anexo 27: Resultados de ensayo de germinación al 100% (T6).....	123
Anexo 28: Graficas del análisis estadístico diseño completamente al azar (DCA).....	124
Anexo 29. Germinación de las semillas de lechuga (Lactuca sativa L)	133

Anexo 30. Turnitin	135
Anexo 31. Acta de aprobación de originalidad de tesis	136
Anexo 32. Formulario de autorización para la publicación electrónica de las tesis.....	137
Anexo 33. Autorización de publicación de tesis en Repositorio Institucional UCV	138
Anexo 34. Autorización de la versión final del trabajo de investigación.....	139

RESUMEN

El presente trabajo de investigación surge como una alternativa para reemplazar el agua requerida por los biodigestores tipo batch por orina humana, permitiendo que el biodigestor use como insumos orina humana y estiércol vacuno. Los objetivos fueron determinar el contenido de macronutrientes (N, P y K) del biol y biosol, cuando se usa como insumo del biodigestor tipo batch la orina humana y el estiércol vacuno y determinar la fitotoxicidad del biol obtenido con estos insumos mediante bioensayos de germinación con semillas de lechuga (*Lactuca sativa L.*). La metodología trabajada fue con un diseño de investigación experimental, en base a un diseño estadístico completamente al azar (DCA). Asimismo, para generar abonos orgánicos se trabajó en biodigestores tipo batch de 7 litros de capacidad con un tiempo de retención de 46 días, se trabajaron dos tratamientos a los cuales se les denominó A y B, el primero corresponde a estiércol + orina y el segundo a estiércol + agua (blanco). Para el tratamiento A los resultados de los macronutrientes del biol (Nitrógeno 4291.00 mg/l, Fósforo 334.83 mg/l y Potasio 1090.00 mg/l) fueron valores por encima que el tratamiento B (Nitrógeno 1708.00 mg/l, Fósforo 83.42 mg/l y Potasio 4950.001 mg/l) mientras tanto en los resultados de biosol los valores se reflejaron favorables para el tratamiento A (Nitrógeno 1.99%, Fósforo 2.18% y Potasio 2.33%) a diferencia del tratamiento B (Nitrógeno 1.79%, Fósforo 2.13% y Potasio 1.28%) de este modo también es importante mencionar que los resultados del análisis del laboratorio para Coliformes Totales y Fecales del biol del tratamiento A redujo la carga microbiológica <3 NMP/ml que indica ausencia de microorganismos. Finalmente, el tratamiento A frente al tratamiento B, presentan valores elevados en el contenido de nutrientes (N, P y K). El biosol obtenido del tratamiento A (estiércol + orina) mostraron valores que reflejan mayor concentración de nutrientes frente al blanco que fue el tratamiento B (estiércol + agua). Se trabajó con 6 dosis del biol de las cuales la mejor dosis fue al 0.01% con un índice de germinación más alto de 124.2% que indica la ausencia de sustancias fitotóxicas presentes en el biol para las plantas.

Palabras clave: orina humana, estiércol vacuno, agua, biol, biosol, semillas de lechuga (*Lactuca sativa L.*).

ABSTRACT

The present research work emerges as an alternative to replace the water required by the batch biodigesters by human urine, allowing the biodigester to use human urine and cow dung as inputs. The objectives were to determine the content of macronutrients (N, P and K) of biol and biosol, when human urine and cow dung are used as input of the batch type biodigester, and to determine the phytotoxicity of the biol obtained with these inputs through bioassays from germination with lettuce seeds (*Lactuca sativa* L). The methodology worked with an experimental research design, based on a completely random statistical design (DCA). Likewise, to generate organic fertilizers, we worked on batch biodigesters with a capacity of 7 liters with a retention time of 46 days. Two treatments were worked on, which were called A and B, the first one corresponds to manure + urine and the second one to manure + water (white). For the treatment To the results of the macronutrients of the biol (Nitrogen 4291.00 mg / l, Phosphorus 334.83 mg / l and Potassium 1090.00 mg / l) were values above the treatment B (Nitrogen 1708.00 mg / l, Phosphorus 83.42 mg / l and Potassium 4950,001 mg / l) meanwhile in the results of biosol the values were favorable for treatment A (Nitrogen 1.99%, Phosphorus 2.18% and Potassium 2.33%) unlike treatment B (Nitrogen 1.79%, Phosphorus 2.13% and Potassium 1.28 %) in this way it is also important to mention that the results of the laboratory analysis for Total and Fecal Coliforms of the biol of treatment A reduced the microbiological load <3 MPN / ml that indicates absence of microorganisms. Finally, the treatment A against treatment B, have high values in the content of nutrients (N, P and K). The biosol obtained from treatment A (manure + urine) showed values that reflect a higher concentration of nutrients compared to the target that was treatment B (manure + water). We worked with 6 doses of biol of which the best dose was 0.01% with a higher germination index of 124.2% that indicates the absence of phytotoxic substances present in the biol for plants.

Key words: human urine, cow dung, water, biol, biosol, lettuce seeds (*Lactuca sativa* L)

Anexo 31. Acta de aprobación de originalidad de tesis

	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo, MSc. Ing. María Aliaga Martínez, docente de la Facultad **Ingeniería** y Escuela Profesional de **Ingeniería Ambiental**, de la Universidad César Vallejo Filial – Lima Los Olivos, revisor de la tesis titulada:

"Producción de abonos orgánicos en biodigestores tipo batch utilizando la orina humana y estiércol vacuno para bioensayos de germinación con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L)" de la estudiante **MARILIN VILLANERA AVILA**, constató que la investigación tiene un índice de similitud de **25%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

La suscrita analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender **EL INFORME DE INVESTIGACIÓN** cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los olivos,... de Junio del 2019



MSc. Ing. María Aliaga Martínez

DNI: 08663264

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------